

---

“АСАУ” – 19(39) 2011

---

УДК 681.5

Я.Ю. Жураковський, О.С. Жураковська

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАПІЗНЕННЯ НА ЯКІСТЬ КЕРУВАННЯ

*Анотація:* Метою даної роботи є дослідження впливу інформаційного запізнення в каналах зв'язку на якість керування в системах управління технологічними процесами.

*Ключові слова:* якість керування, інформаційне запізнення, система керування, канал зв'язку.

### Вступ

В системах керування технологічними процесами, які побудовані на сучасних технічних засобах, таких як інтелектуальні датчики, контролери, промислові мережі, в процесі експлуатації системи в умовах дії промислових завод в каналах зв'язку виникають затримки передачі даних. При роботі системи в умовах забезпечення керування у режимі реального часу необхідно знати ступінь впливу подібних затримок на якість керування, яку можна оцінити якістю перехідних процесів. Метою даної роботи є дослідження впливу інформаційного запізнення в каналах зв'язку системи керування на якість керування. Інформаційним запізненням ( $\tau$ ) [1, 3] називають інтервал часу між початком чергового сеансу збору даних, необхідних для прийняття рішення, і закінченням процесу реалізації управляючого впливу. На відміну від транспортного запізнення, яке притаманне об'єкту керування, інформаційне запізнення привноситься в систему технічними та програмними засобами. Отже, інформаційне запізнення в системі

$$\tau = \tau_1 + \tau_{обр} + \tau_2, \quad (1)$$

де  $\tau_1$ ,  $\tau_2$  – час інформаційного запізнення в каналах зв'язку “регулятор – об'єкт” та “об'єкт – регулятор” відповідно;

$\tau_{обр}$  – час обробки даних в регуляторі.

У роботі [2] розглянуто структури систем керування, які дозволяють компенсувати транспортне запізнення в об'єкті, але така компенсація може бути застосовна лише для об'єктів із постійним і незмінним запізненням, в той час, як запізнення в каналах зв'язку має стохастичний характер.

В роботі [4] здійснено спробу промодельовувати змінне у часі запізнення і дослідити його вплив на керування системою та зроблено висновок, що наявність такого запізнення однозначно призводить до нестійкого режиму роботи системи керування. Проте не було досліджено впливу запізнення на якісні показники керування.

---

© Я.Ю. Жураковський, О.С. Жураковська, 2011

## Постановка задачі

Розглянемо дискретну систему керування із транспортним запізненням у каналах зв'язку “регулятор – об’єкт” та “об’єкт – регулятор”. Структура такої системи наведена на рис. 1.

Передаточні функції каналів зв'язку від контролера до об’єкта керування та від об’єкта до контролера відповідно представлено ланками транспортного запізнення

$$W_{k1}(z) = z^{-k1}, \quad (2)$$

$$W_{k2}(z) = z^{-k2}, \quad (3)$$

де  $k1 = \tau_1/T$ ,  $k2 = \tau_2/T$  – кількість тактів інформаційного запізнення в каналах,  $T$  – період дискретизації.

Передатна функція безперервної частини системи (об’єкта керування) задана аперіодичною ланкою другого порядку

$$W_{БЧ}(p) = \frac{k_{OK}}{(T_1 \cdot p + 1)(T_2 \cdot p + 1)}. \quad (4)$$

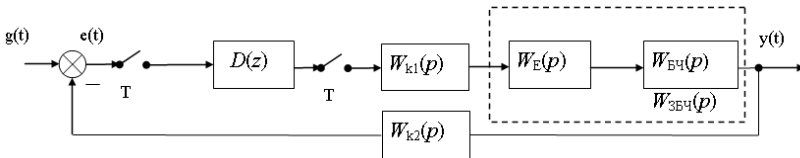


Рис. 1 – Структурна схема системи із інформаційним запізненням в каналах зв'язку

В якості регулятора використаємо дискретний ПІ-регулятор з передатною функцією

$$D(z) = k_{pi} \left[ 1 + \frac{T}{T_{pi}(1 - z^{-1})} \right], \quad (5)$$

де  $k_{pi}$ ,  $T_{pi}$  – коефіцієнт підсилення та стала часу інтегрування регулятора.

Якість керування оцінюємо за перехідною характеристикою каналу “завдання регулятору – вихід об’єкта”. Традиційно [2] використовують такі інтегральні показники якості:

$$E_1 = \int_0^{\infty} |\varepsilon| dt; \quad (6)$$

$$E_2 = \int_0^{\infty} \varepsilon^2 dt; \quad (7)$$

$$E_3 = \int_0^{\infty} t |\varepsilon| dt; \quad (8)$$

$$E_4 = \int_0^{\infty} t \varepsilon^2 dt, \quad (9)$$

де  $\varepsilon$  – сигнал розузгодження.

Задача полягає в дослідженні впливу інформаційного запізнення в каналах системи керування на якість керування, яка оцінюється на інтегральними показниками  $E_1, E_2, E_3, E_4$ , приймаючи різні значення  $\tau_1$  та  $\tau_2$ .

### Модельовання

Для проведення дослідження виконаємо моделювання роботи системи керування (рис. 1) в середовищі MathCad. Дослідження складається з наступних етапів:

1. Задаємо значення  $\tau_1$  та  $\tau_2$ .
2. Налаштовуємо систему із інформаційним запізненням на заданий показник коливності, для чого визначаємо оптимальні за максимумом відношення  $k_{pi}/T_{pi}$  [2] параметри настройки регулятора.
3. Визначаємо показники якості системи.

Результати дослідження для ряду значень  $\tau_1$  наведені на рис. 2. Для випадку зміни  $\tau_2$  отримано аналогічні результати. Можна зробити висновок, що вплив інформаційного запізнення в каналі “регулятор – об’єкт” та в каналі “об’єкт – регулятор” є практично однаковим (відмінності в межах 3%).

Також була застосована й інша методика дослідження:

1. Налаштовуємо систему без інформаційного запізнення на заданий показник коливності, для чого визначаємо оптимальні за максимумом відношення  $k_{pi}/T_{pi}$  параметри настройки регулятора.
2. Приймаємо ряд значень  $\tau_1$  та  $\tau_2$  і визначаємо показники якості системи.

Така методика більш наближена до реальних умов роботи неадаптивної системи керування, оскільки система налаштовується на експлуатацію без урахування інформаційного запізнення ( $\tau_1 = 0$  та  $\tau_2 = 0$ ). Результати дослідження за другою методикою наведені на рис. 3.

За обома методиками дослідження проводилося при періоді дискретизації  $T = 0.01$  с. Параметри об’єкта керування:  $k_{ok} = 0.2, T_1 = 1$  с,  $T_2 = 1.5$  с.

У випадку врахування інформаційного запізнення при визначенні параметрів регулятора (рис. 2) система стає нестійкою при  $\tau_1 > 0.5$  с, тобто при інформаційному запізненні, більшому  $1/3$  найбільшої сталої часу об’єкта ( $\tau_1 > T_2/3$ ). При розрахунку за другою методикою система стає нестійкою вже при  $\tau_1 > 0.4$  с, причому якість керування суттєво погіршується

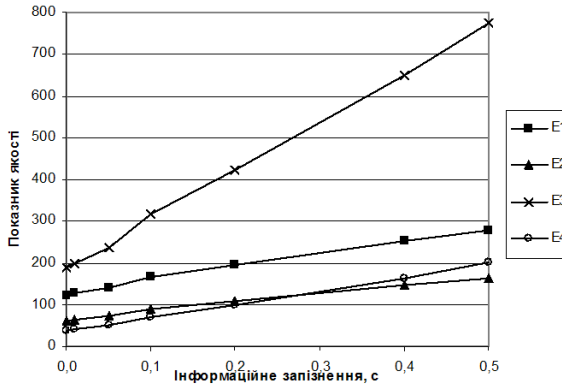


Рис. 2 – Показники якості системи з оптимальними налаштуваннями при врахуванні інформаційного запізнення  $\tau_1$  (при  $\tau_2 = 0$ )

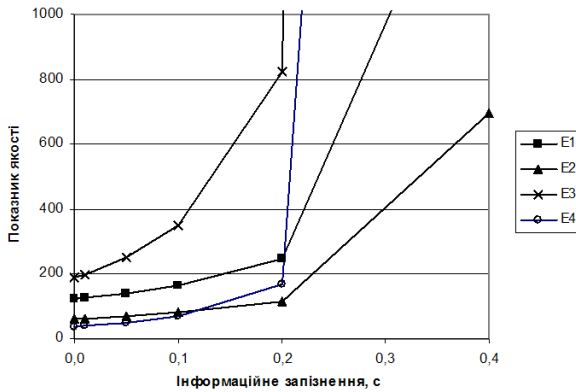


Рис. 3 – Показники якості системи з оптимальними налаштуваннями без врахування інформаційного запізнення при налаштуванні  $\tau_1$  (при  $\tau_2 = 0$ )

вже при  $\tau_1 > 0,2$  с (рис. 3). Ефект від одночасної появи запізнення в обох каналах практично дорівнює ефекту від сумарного часу запізнення в одному каналі.

### Висновок

Результати моделювання показують, що збільшення інформаційного запізнення в каналах зв'язку призводить до погіршення якості процесу керування. При цьому інформаційне запізнення в прямому і зворотному каналах спричиняють практично однаковий вплив на інтегральні показники якості. Система із адаптацією під зміну інформаційного запізнення

(розрахунок за першою методикою) дає покращення якості керування у порівнянні із неадаптивною системою при інформаційному запізненні від 12 до 30% сталої часу об'єкта керування. Отже, при проектуванні систем керування треба приділяти увагу таким заходам, які дозволять зменшити запізнення в каналах зв'язку до 10–15% від сталої часу об'єкта, коли система ще може залишатися стійкою. Цими заходами можуть бути завадостійке кодування або структурна адаптація системи та алгоритму керування.

### **Література**

1. Первозванский А.А. Математические модели в управлении производством / А.А. Первозванский – М.: Наука, 1975. – 616 с.
2. Ротач В.Я. Теория автоматического управления: учебник для вузов / В.Я. Ротач – М.: Издательский дом МЭИ, 2008. – 396 с.
3. Крушель Е. Г. Информационное запаздывание в цифровых системах управления: Монография / Е. Г. Крушель, И. В. Степанченко – Волгоград: ВолгГТУ, 2004. – 124 с.
4. Дворянников Ю.В. Переменное запаздывание в сетевом компоненте и его влияние на устойчивость систем управления / Ю.В. Дворянников, М.П. Туманов // Качество Инновации Образование, 2008, 4, – с. 51–55.

Отримано 18.11.2011 р.